

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-95838

(P2004-95838A)

(43) 公開日 平成16年3月25日(2004. 3. 25)

(51) Int. Cl.⁷

H01S 5/343

F1

H01S 5/343

テーマコード (参考)

5F073

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-254748 (P2002-254748)
(22) 出願日 平成14年8月30日 (2002. 8. 30)

(71) 出願人 000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史
(74) 代理人 100090468
弁理士 佐久間 剛
(72) 発明者 和田 貢
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
富士写真フイルム株式会社内
(72) 発明者 秋永 富士夫
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
富士写真フイルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

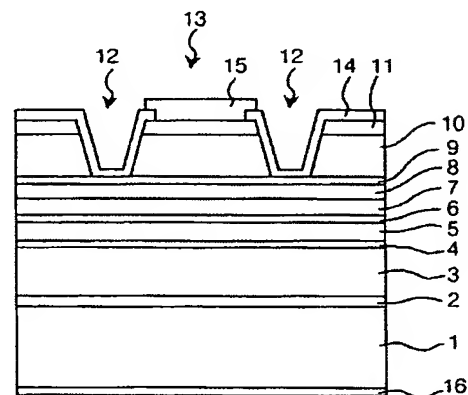
(57) 【要約】

【課題】 GaAs 基板上に、AlGaAs クラッド層、InGaP または InGaP 光導波層、InGaAsP 活性層を有する半導体レーザ素子において、良好な素子抵抗と高い信頼性を得、特にブロードエリアレーザにおいて低雑音なものとする。

【解決手段】 (001) 面 n-GaAs 基板 1 上に、n-GaAs バッファ層 2、n-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層 3、i-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層 4、i-In_{0.48}Ga_{0.52}P 下部光導波層 5、i-In_{0.12}Ga_{0.88}As_{0.7}P_{0.25} 単一量子井戸層 6、i-In_{0.48}Ga_{0.52}P 上部光導波層 7、i-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層 8、p-In_{0.48}Ga_{0.52}P エッチングストップ層 9、p-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層 10 および p⁺GaAs コンタクト層 11 (厚さ 200 nm) を備えた半導体レーザ素子において、コンタクト層 11 の不純物濃度を $5 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20}$ の範囲とする。

【選択図】

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

一方の電極を備えたn型GaAs基板上に、n型 $Al_{x_3}Ga_{1-x_3}As$ （ただし、 $0.5 \leq x_3 < 1$ ）クラッド層、GaAsに格子整合する $In_{x_2}Ga_{1-x_2}As_{1-y_2}P_{y_2}$ （ただし、 $x_2 = 0.48$ 、 $y_2 = 0.8$ 、 $0.8 \leq y_2 \leq 1.0$ ）下部光導波層、 $In_{x_1}Ga_{1-x_1}As_{1-y_1}P_{y_1}$ （ただし、 $0 \leq x_1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq y_1 \leq 0.4$ ）量子井戸層、GaAsに格子整合する $In_{x_2}Ga_{1-x_2}As_{1-y_2}P_{y_2}$ （ただし、 $x_2 = 0.48$ 、 $y_2 = 0.8$ 、 $0.8 \leq y_2 \leq 1.0$ ）上部光導波層、p型 $Al_{x_3}Ga_{1-x_3}As$ （ただし、 $0.5 \leq x_3 < 1$ ）クラッド層、p型GaAsコンタクト層および他方の電極をこの順に備えた半導体レーザ素子において、
前記p型GaAsコンタクト層のp型不純物濃度（ cm^{-3} ）が、 5×10^{18} 以上 1×10^{20} 以下であることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】

前記p型GaAsコンタクト層のp型不純物がZn、Cd、MgおよびBeの少なくとも1つであることを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、GaAs基板上に、AlGaAsクラッド層、InGaAsPあるいはInGaP光導波層、InGaAsあるいはInGaAsP量子井戸層を備えた半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

750～850nm帯の高出力半導体レーザ素子として、n-GaAs基板上に、n-GaAsバッファ層、n-AlGaAs第一クラッド層、InGaP第一光導波層、InGaAsP量子井戸層、InGaP第二光導波層、p-AlGaAs第二クラッド層およびp⁺コンタクト層を積層してなるものが知られている。また、上記構造のうち光導波層をInGaAsPとして、発振波長が750～1100nm帯のブロードエリア半導体レーザ素子は、短波長域のSHG固体励起レーザの励起光源として用いられており、固体結晶との高結合効率化、あるいはレーザ光の高品質化等の観点から低雑音であることが要求されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記構造の半導体レーザ素子は、活性領域にAlを含まないため、同一波長帯のAlGaAs系半導体レーザ素子に比べて、CODレベルが高く、信頼性が高いという特徴がある。

【0004】

しかし、コンタクト層の不純物濃度が高すぎると、p型コンタクト層の結晶性が悪化するばかりでなく、p型コンタクト層からp型AlGaAsクラッド層へのp型不純物の拡散によりp型AlGaAsクラッド層の結晶性も悪化し、素子の信頼性が低下する。特に、ブロードエリアレーザの場合には、素子のノイズレベルが悪化するという問題がある。一方、p型コンタクト層の不純物濃度が低すぎると素子抵抗が高くなり、良好な特性を得ることができないという欠点がある。

【0005】

本発明は上記事情に鑑みて、良好な素子抵抗を有し、信頼性の高い半導体レーザ素子を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体レーザ素子は、一方の電極を備えたn型GaAs基板上に、n型 $Al_{x_3}Ga_{1-x_3}As$ （ただし、 $0.5 \leq x_3 < 1$ ）クラッド層、GaAsに格子整合するI

$\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ (ただし、 $x_2 = 0.48y_2$ 、 $0.8 \leq y_2 \leq 1.0$) 下部光導波層、 $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ (ただし、 $0 \leq x_1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq y_1 \leq 0.4$) 量子井戸層、 GaAs に格子整合する $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ (ただし、 $x_2 = 0.48y_2$ 、 $0.8 \leq y_2 \leq 1.0$) 上部光導波層、 p 型 $\text{Al}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}$ (ただし、 $0.5 \leq x_3 < 1$) クラッド層、 p 型 GaAs コンタクト層および他方の電極をこの順に備えた半導体レーザ素子において、 p 型 GaAs コンタクト層の p 型不純物濃度 (cm^{-3}) が、 5×10^{18} 以上 1×10^{20} 以下であることを特徴とするものである。

【0007】

p 型 GaAs コンタクト層の p 型不純物は Zn 、 Cd 、 Mg および Be の少なくとも1つ 10
であることが望ましい。

【0008】

【発明の効果】

本発明の半導体レーザ素子によれば、一方の電極を備えた n 型 GaAs 基板上に、 n 型 $\text{Al}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}$ (ただし、 $0.5 \leq x_3 < 1$) クラッド層、 GaAs に格子整合する $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ (ただし、 $x_2 = 0.48y_2$ 、 $0.8 \leq y_2 \leq 1.0$) 下部光導波層、 $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ (ただし、 $0 \leq x_1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq y_1 \leq 0.4$) 量子井戸層、 GaAs に格子整合する $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ (ただし、 $x_2 = 0.48y_2$ 、 $0.8 \leq y_2 \leq 1.0$) 上部光導波層、 p 型 $\text{Al}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}$ (ただし、 $0.5 \leq x_3 < 1$) クラッド層、 p 20
型 GaAs コンタクト層および他方の電極をこの順に備えた半導体レーザ素子において、 p 型 GaAs コンタクト層の p 型不純物濃度 (cm^{-3}) を、 5×10^{18} 以上 1×10^{20} 以下とすることにより、素子抵抗を低くすることができ、高い経時信頼性を得ることができる。特にストライプ幅が $5 \mu\text{m}$ 以上のブロードエリア半導体レーザ素子においては、低雑音なレーザ光を得ることができる。

【0009】

また、 p 型 GaAs コンタクト層の p 型不純物を Zn 、 Cd 、 Mg および Be の少なくとも1つとすることにより、良好な特性および信頼性を得ることができる。

【0010】

【実施例】

以下、本発明の実施例を図面を用いて詳細に説明する。

【0011】

本発明の第1の実施例によるリッジ型の半導体レーザ素子についてその製造方法に沿って説明する。その半導体レーザ素子の断面図を図1に示す。

【0012】

有機金属気相成長法における成長材料として以下のものを用いた。 III 族の Al 、 Ga 、 In の原料として、それぞれトリメチルアルミニウム (TMA)、トリエチルガリウム (TEG) およびトリメチルインジウム (TMI) を用い、 V 族の As 、 P の原料として、それぞれアルシン (AsH_3)、フォスフィン (PH_3) を用い、 n 型、 p 型のドーパントとしてそれぞれ、シラン (SiH_4)、ジエチルジンク (DEZ) を用いた。 40

【0013】

図1に示すように、有機金属気相成長法により、(001) 面 n - GaAs 基板1上に、温度 730°C で、 n - GaAs バッファ層2 (厚さ 200 nm)、 n - $\text{Al}_{0.63}\text{Ga}_{0.37}\text{As}$ クラッド層3 (厚さ 1960 nm)、 i - $\text{Al}_{0.63}\text{Ga}_{0.37}\text{As}$ クラッド層4 (厚さ 40 nm)、 i - $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 下部光導波層5 (厚さ 110 nm)、 i - $\text{In}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{As}_{0.75}\text{P}_{0.25}$ 量子井戸層6 (厚さ 10 nm)、 i - $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ 上部光導波層7 (厚さ 110 nm)、 i - $\text{Al}_{0.63}\text{Ga}_{0.37}\text{As}$ クラッド層8 (厚さ 100 nm)、 p - $\text{In}_{0.48}\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ エッチングストップ層9 (厚さ 10 nm)、 p - $\text{Al}_{0.63}\text{Ga}_{0.37}\text{As}$ クラッド層10 (厚さ 1900 nm) および p^+ - GaAs コンタクト 50

層 11 (厚さ 200 nm) を成長した。

【0014】

引き続き、CVD装置で、 p^+GaAs コンタクト層 11 上に SiO_2 膜 (厚さ 300 nm) を形成し、リソグラフィ法およびエッチングにより、 $\langle 110 \rangle$ 方向に、間隔 50 μm を空けて、幅 10 μm の 2 本のストライプ状に SiO_2 膜を除去し、 p^+GaAs コンタクト層 11 を露出させた。この SiO_2 膜をマスクにして酒石酸により、 p^+GaAs コンタクト層 11、 $p-Al_{0.53}Ga_{0.37}As$ クラッド層 10 を p -エッチング ストップ層 9 の表面までエッチングして溝 12 を形成した。これにより 50 μm 幅のリッジストライプ 13 が形成された。

【0015】

SiO_2 膜を除去した後、再度 CVD 装置で全面に SiO_2 膜 14 を形成し、リソグラフィおよびエッチングによりリッジストライプ 13 の上部のみ SiO_2 膜 14 を除去し、コンタクト層 11 を露出させた。次に、リフトオフ法を用いて、露出した p^+GaAs コンタクト層 11 上のみに $Au/Pt/Ti$ からなる p 側電極 15 を形成した。

【0016】

次に、 $n-GaAs$ 基板 1 の裏面を研磨し、素子の総厚 100 μm とし、研磨面に $Au/AuGe$ からなる n 側電極 16 を形成し、共振器長を 1000 μm として、共振器の両端面の一方に低反射率コート膜、他方に高反射率コート膜を形成することにより、50 μm 幅のリッジ型ブロードエリアレーザを完成させた。

【0017】

上記構造を有する半導体レーザ素子であって、 p^+GaAs コンタクト層 11 の p 型不純物である Zn の濃度が、 2×10^{18} 、 5×10^{18} 、 1×10^{19} 、 2×10^{19} 、 5×10^{19} 、 1×10^{20} および 2×10^{20} である素子を複数作製し、それぞれの水準での平均抵抗値と、素子の劣化率について評価した。図 2 の Zn 濃度と平均抵抗値との関係を示し、図 3 に Zn 濃度と劣化率との関係を示す。

【0018】

なお、ここでいう平均抵抗値とは、上記第 1 の実施例による半導体レーザ素子 (ストライプ幅が 50 μm で共振器長が 1000 μm の場合) における駆動電流が 100 ~ 300 mA の場合の素子抵抗値の平均を示す。

【0019】

また、劣化率とは、駆動電流の 1 時間当たりの増加割合を示し、劣化率 ($/h$) = (駆動電流増加分 (mA) / 初期駆動電流 (mA)) / 駆動時間 (h) と表すことができる。グラフ縦軸にはそのメディアアン値を示した。

【0020】

なお、 p^+GaAs コンタクト層 11 の p 型不純物である Zn の濃度は、ホール測定法を用いて測定した値である。

【0021】

図 2 に示すように、 p^+GaAs コンタクト層 11 の Zn の濃度を $5 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20}$ (cm^{-3}) とすることにより、平均抵抗値を約 0.48 (Ω) 以下とすることができた。また、図 3 に示すように、劣化率を 2×10^{-5} 以下とすることができた。

【0022】

0.48 (Ω) 以下の平均抵抗値は、特に、幅広の半導体レーザ素子において、ノイズレベルが小さく良好なレーザ品質を得ることができる値であり、また 2×10^{-5} 以下の劣化率は製品として出荷するのに十分な長期信頼性を得ることができる値であることから、 p^+GaAs コンタクト層 11 の Zn 濃度は、 $5 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20}$ (cm^{-3}) が好ましいことがわかる。

【0023】

なお、不純物濃度の最適化にあたって、上記第 1 の実施例による半導体レーザ素子を用いたが、上記第 1 の実施例の組成に限らず、クラッド層に関しては、 $Al_{x3}Ga_{1-x3}As$ (ただし、 $0.5 \leq x3 < 1$)、光導波層に関しては $GaAs$ に格子整合する In_x

10

20

30

40

50

$_{2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ (ただし、 $x_2 = 0.48$ 、 $y_2 = 0.8 \leq y_2 \leq 1.0$)、量子井戸層に関しては $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ (ただし、 $0 \leq x_1 \leq 0.3$ 、 $0 \leq y_1 \leq 0.4$) からなる組成の場合にも、同等の範囲の不純物濃度を最適な不純物濃度とすることができる。

【0024】

次に、量子井戸に InGaAs からなる二重量子井戸構造、光導波層に InGaAsP を用いた第2の実施例による半導体レーザ素子について製造方法に沿って説明する。その半導体レーザ素子の断面図を図4に示す。

【0025】

図4に示すように、(001)面 $n\text{-GaAs}$ 基板21上に、温度700℃で、 $n\text{-GaAs}$ バッファ層22 (厚さ200nm)、 $n\text{-Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{As}$ クラッド層23 (厚さ1600nm)、 $n\text{-In}_{0.46}\text{Ga}_{0.54}\text{As}_{0.04}\text{P}_{0.96}$ 光導波層24 (厚さ250nm)、 $i\text{-In}_{0.46}\text{Ga}_{0.54}\text{As}_{0.04}\text{P}_{0.96}$ 下部第二光導波層25 (厚さ150nm)、 $i\text{-In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$ 量子井戸層26 (厚さ7nm)、 $i\text{-In}_{0.46}\text{Ga}_{0.54}\text{As}_{0.04}\text{P}_{0.96}$ バリア層27 (厚さ5nm)、 $i\text{-In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$ 量子井戸層28 (厚さ7nm)、 $i\text{-In}_{0.46}\text{Ga}_{0.54}\text{As}_{0.04}\text{P}_{0.96}$ 上部第一光導波層29 (厚さ250nm)、 $p\text{-In}_{0.46}\text{Ga}_{0.54}\text{As}_{0.04}\text{P}_{0.96}$ 上部第二光導波層30 (厚さ150nm)、 $p\text{-Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{As}$ クラッド層31 (厚さ1600nm)、 $p^+\text{GaAs}$ コンタクト層32 (厚さ200nm) を成長した。この $p^+\text{GaAs}$ コンタクト層32のp型不純物としてZnを用い、Zn濃度を $5 \times 10^{19} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ とした。

【0026】

次に、上記第1の実施例と同様の方法で、幅10μm程度の溝33を形成し、幅50μm程度のリッジストライプ34を形成した。次に、 SiO_2 膜35を形成し、リッジストライプ34上を開口し、その上にp側電極36を形成した。その後、基板21の裏面を研磨し、素子の総厚を100μmとし、研磨面に Au/AuGe からなるn側電極37を形成した。共振器長を1000μmとして、共振器の両端面の一方に低反射率コート膜、他方に高反射率コート膜を形成することにより、50μm幅のリッジ型ブロードエリアレーザを完成させた。

【0027】

本実施例による半導体レーザ素子において、 $p^+\text{GaAs}$ コンタクト層32のp型不純物としてZnを用い、Zn濃度を $5 \times 10^{19} \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ としたので、図3および図4に示すように、平均抵抗値が約0.3(Ω)となり、劣化率が約 1×10^{-5} となり、高い経時信頼性が得られた。

【0028】

本実施の形態においては、p型不純物はZnの場合について説明したが、p型不純物をZn、Cd、MgおよびBeの少なくとも1つとした場合についても濃度を 5×10^{18} 以上 1×10^{20} 以下とすることにより、同様の効果を得ることができる。

【0029】

本発明による半導体レーザ素子は、抵抗値が低く、製品として十分な経時信頼性を有するものである。特に、ストライプ幅を5μm以上にしてブロードエリアの半導体レーザ素子とした場合にはノイズレベルを小さいものとするので、このブロードエリア半導体レーザ素子を短波長域の第二高調波を発生させる固体励起レーザの基本波光源として用いれば、良好な特性および信頼性を有する第二高調波発生装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による半導体レーザ素子を示す断面図

【図2】コンタクト層の不純物濃度と平均抵抗値との関係を示すグラフ

【図3】コンタクト層の不純物濃度と劣化率との関係を示すグラフ

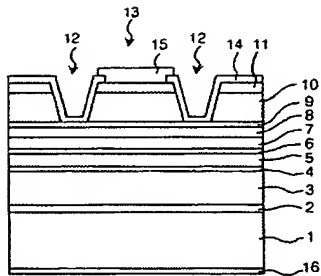
【図4】本発明の第2の実施例による半導体レーザ素子を示す断面図

【符号の説明】

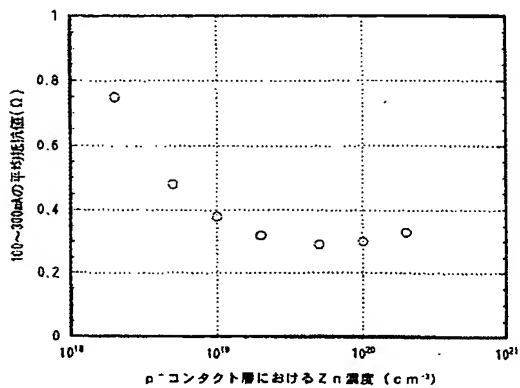
- 1 n-GaAs (001) 面基板
- 2 n-GaAs バッファ層
- 3 n-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層
- 4 i-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層
- 5 i-In_{0.48}Ga_{0.52}P 下部光導波層
- 6 i-In_{0.12}Ga_{0.88}As_{0.75}P_{0.25} 単一量子井戸層
- 7 i-In_{0.48}Ga_{0.52}P 上部光導波層
- 8 i-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層
- 9 p-In_{0.48}Ga_{0.52}P エッチングストップ層
- 10 p-Al_{0.63}Ga_{0.37}As クラッド層
- 11 p⁺GaAs コンタクト層
- 12 溝
- 13 リッジストライプ
- 14 SiO₂膜
- 15 p側電極
- 16 n側電極

10

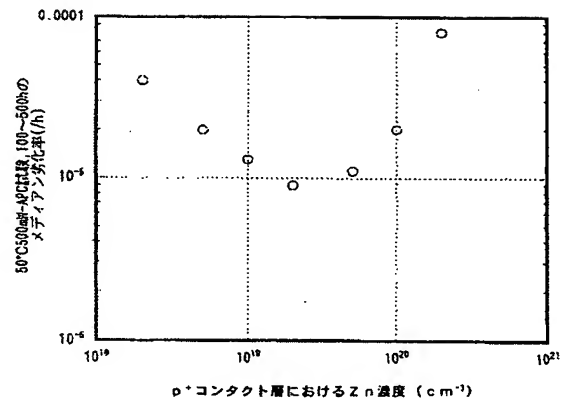
【図1】



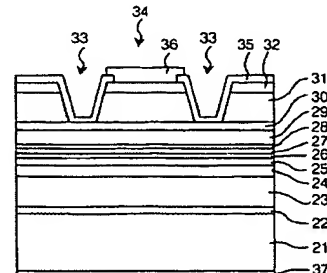
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA73 AA74 BA09 CA17 CB02 CB19 DA05 EA29